

УДК 528.2/3:551.2/.3

## ТЕОРИЯ ВЫСОТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОДИНАМИКИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

*Александр Николаевич Соловицкий*

Кемеровский государственный университет, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, кандидат технических наук, доцент кафедры геологии и географии, тел. (384)258-01-66, e-mail: san.mdig@mail.ru

Изучение изменений высот точек земной коры и ее поверхности является одной из главных задач геодезии. В традиционных технологиях при решении этой задачи не учитывается иерархия движений блоков земной коры. Такой подход не обеспечивает достоверность и представительность информации, что повышает уровень проявлений геодинамических явлений. Автором разработана теория высот для проведения геодинамических исследований с учетом иерархии напряженно-деформированного состояния земной коры Кузбасса. Основным отличием предложенной теории является разделение смещений реперов в зависимости от иерархии строения земной коры. Такой подход обеспечивает не только расширение геодезической информации о вертикальных движениях, но и получение новых аспектов ее применения при построении геодинамических полигонов и интерпретации геодинамических исследований.

**Ключевые слова:** теория высот, отметка, изменение высоты во времени, блок земной коры, ранг, напряженно-деформированное состояние, компоненты деформации.

Отметки точек – это наиболее используемые данные в геодезической практике при решении различных задач. Однако теория высот в целом развилась сложно, порою драматично [1–5]. Основные проблемы ее развития связаны:

- с выбором начала счета высот;
- выбором поверхности относимости;
- выбором системы высот.

В середине прошлого века была сформирована теория высот в гравитационном поле [3, 4]. Однако с позиций геодинамики теория высот полностью не разработана и не отражена достаточно в нормативных документах [6–19]. Рассмотрим эти несовершенства подробнее. Мы принимаем фундаментальные постулаты геодинамики о блоковом строении земной коры и ее движениях, но их необходимо отразить в указанной теории [20–24]. На начальных этапах развития геодинамики при характеристике кинематики блоков земной коры считалось, что каждый из них должен иметь хотя бы один репер и изменение его отметки. Итак, имеем блок земной коры ранга  $r(i)$ . В этом блоке заложен репер, отметка которого  $H_i$ , а соответствующее ее изменение –  $\Delta H_i[t - t_0]$ . Геодинамические процессы являются генератором напряжений в блоках земной коры. Иерархия указанных напряжений характеризует изменение напряженно-деформированного состояния блоков земной коры разных рангов, которые определяются тензором 2-го ранга. Такие изменения обуславливают вертикальные и горизонтальные движения блоков земной коры. Эти движения порождают смещения реперов, поле которых имеет сложную картину, в нем предлагается

выделить влияния движения блоков земной коры разных рангов. Исследуемые блоки земной коры III–VI рангов расположены юго-западнее города Белова. Примеры изменения их компонентов деформации во времени получены автором и приведены на рис. 1 и 2 при одинаковой скорости их движения до 3 мм/год.

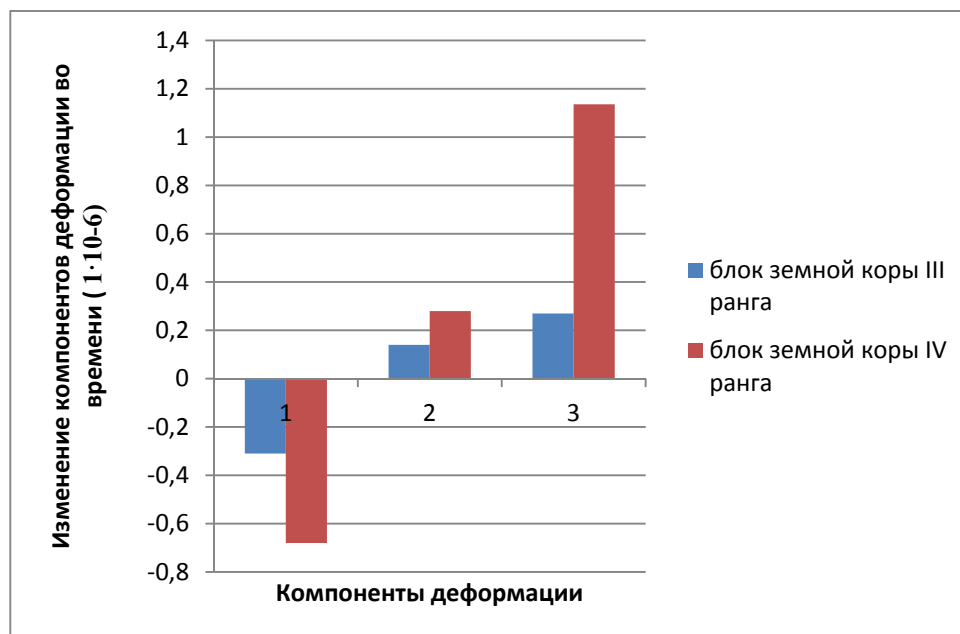


Рис. 1. Изменения компонентов деформации во времени блоков земной коры III–IV рангов: 1 –  $e_{31}[t-t_0]$ ; 2 –  $e_{32}[t-t_0]$ ; 3 –  $e_{33}[t-t_0]$

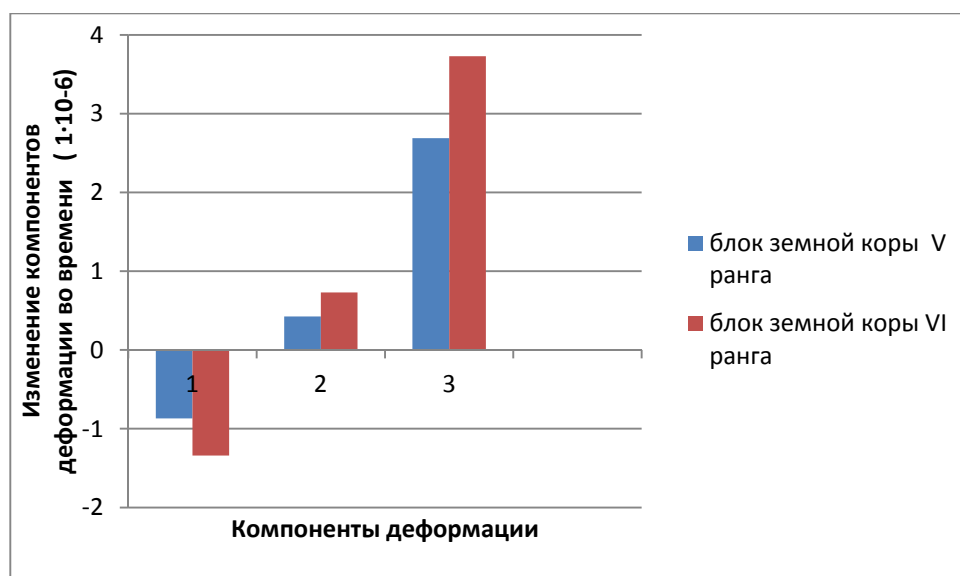


Рис. 2. Изменения компонентов деформации во времени блоков земной коры V–VI рангов: 1 –  $e_{31}[t-t_0]$ ; 2 –  $e_{32}[t-t_0]$ ; 3 –  $e_{33}[t-t_0]$

Скорости движения блоков земной коры регистрируются по разломам по специальной методике, разработанной автором [22–26]. Смещение репера, координаты которого  $X[t_0]$ ,  $Y[t_0]$  и  $H[t_0]$  на эпоху  $t_0$ , трактуемое далее как изменение во времени его отметки  $\Delta H_i(r_i)[t-t_0]$ , обусловленное соответствующим изменением напряженно-деформированного состояния блока земной коры ранга  $r(i)$ , равно

$$\Delta H_i(r_i)[t-t_0] = X[t_0]e_{31}(r_i)[t-t_0] + Y[t_0]e_{32}(r_i)[t-t_0] + H[t_0]e_{33}(r_i)[t-t_0], \quad (1)$$

где  $e_{31}r(i)[t-t_0]$ ,  $e_{32}r(i)[t-t_0]$  и  $e_{33}r(i)[t-t_0]$  – изменения компонентов деформации во времени блока земной коры ранга  $r(i)$  за период  $[t-t_0]$ .

Изменения во времени отметки репера  $\Delta H_i(r_i)[t-t_0]$ , полученные согласно (1), являются:

- абсолютными;
- характеризующими влияние изменений напряженно-деформированного состояния блока земной коры ранга  $r(i)$  за период  $[t-t_0]$ .

Тогда влияние изменения напряженно-деформированного состояния блоков земной коры всех рангов  $r(i)$  за период  $[t-t_0]$ , которым принадлежит этот репер, на изменение во времени его отметки  $\Delta H_i(r_\Sigma)[t-t_0]$ , равно

$$\Delta H_i(r_\Sigma)[t-t_0] = X[t_0]\sum e_{31}(r_i)[t-t_0] + Y[t_0]\sum e_{32}(r_i)[t-t_0] + H[t_0]\sum e_{33}(r_i)[t-t_0]. \quad (2)$$

Доля влияния изменения напряженно-деформированного состояния блоков земной коры III–VI рангов на изменение во времени отметки репера получена автором с помощью разработанной им программы «ВМ» [25, 26] на примере данных, приведенных выше, и проиллюстрирована рис. 3.

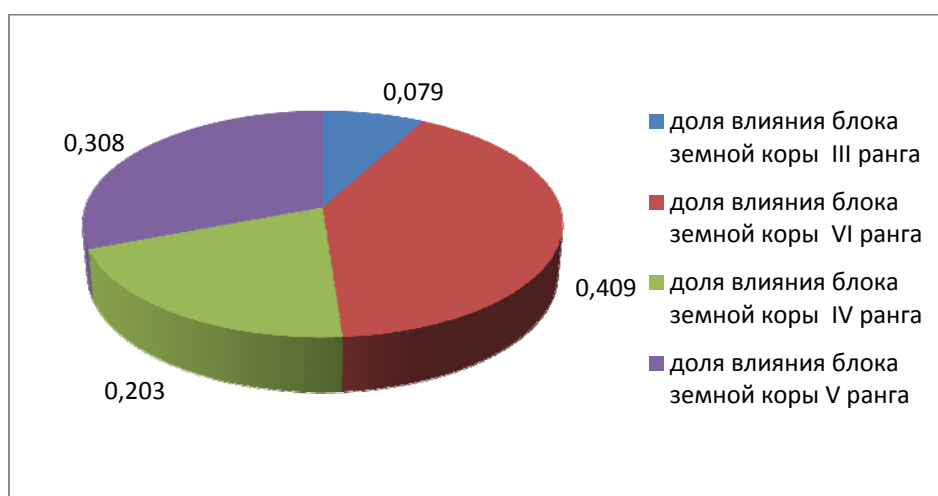


Рис. 3. Доля влияния изменения напряженно-деформированного состояния блоков земной коры разных рангов на изменение во времени отметки репера

Полученные результаты исследований (см. рис. 3) свидетельствуют о том, что заложение пунктов государственной геодезической сети, а именно фундаментальной и высокоточной, на территории Кемеровской области для обеспечения их стабильности в пределах действующих нормативов [19] должно учитывать геодинамическую активность блоков земной коры, прежде всего, VI и V рангов.

В практике геодинамических исследований на геодинамических полигонах обычно изменения во времени отметки репера (превышения) определяют относительно стабильного. В этом случае, уравнения (1) и (2) имеют вид:

$$\begin{aligned} \Delta h_{ci}(r_i)[t-t_0] = & X[t_0]e_{31}(r_i)[t-t_0] - X_c[t_0]e_{31}^0(r_i)[t_0] + \\ & + Y[t_0]e_{32}(r_i)[t-t_0] - Y_c[t_0]e_{32}^0(r_i)[t_0] + \\ & + H[t_0]e_{33}(r_i)[t-t_0] - H_c[t_0]e_{33}^0(r_i)[t_0]; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta h_{ci}(r_\Sigma)[t-t_0] = & X[t_0]\Sigma e_{31}(r_i)[t-t_0] - X_c[t_0]e_{31}^0(r_i)[t_0] + \\ & + Y[t_0]\Sigma e_{32}(r_i)[t-t_0] - Y_c[t_0]e_{32}^0(r_i)[t_0] + \\ & + H[t_0]\Sigma e_{33}(r_i)[t-t_0] - H_c[t_0]e_{33}^0(r_i)[t_0], \end{aligned} \quad (4)$$

где  $e_{31}r^0(i)[t-t_0]$ ,  $e_{32}r^0(i)[t-t_0]$  и  $e_{33}r^0(i)[t-t_0]$  – изменения компонентов деформации во времени стабильного блока земной коры ранга  $r(i)$  за период  $[t-t_0]$ ;  $X_c[t_0]$ ,  $Y_c[t_0]$ ,  $H_c[t_0]$  – координаты стабильного репера на эпоху  $t_0$ .

Согласно выполненным экспериментальным оценкам с помощью разработанной автором программы «ВМ» установлено, что даже в геодинамически не активных блоках земной коры IV ранга изменения во времени превышения, определенные в соответствии с технологией (3), достигают 2 мм.

Обобщая изложенное выше с учетом результатов исследования других авторов [3, 4, 5, 6], предлагается обобщенное представление измеренных превышений  $\Delta h_{ci}(\text{изм.})[t-t_0]$  при проведении геодинамических исследований в Кузбассе в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Delta h_{ci}(\text{изм.})[t-t_0] = & \Delta h_{ci}(r_i)[t-t_0] + \Delta h_{ci}(\text{изм. грав. поля})[t-t_0] + \\ & + \Delta h_{ci}(\text{экз.})[t-t_0], \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\Delta h_{ci}(\text{изм. грав. поля})[t-t_0]$  – изменения превышений во времени, обусловленные влиянием изменений гравитационного поля;  $\Delta h_{ci}(\text{экз.})[t-t_0]$  – изменения превышений во времени, обусловленные влиянием экзогенных процессов.

Технология определения изменений превышений во времени, обусловленных влиянием изменений гравитационного поля при ведении горных работ в Кузбассе, разработана и изложена в ряде работ автора [25, 26]. Изучение изменений превышений во времени, обусловленных влиянием экзогенных процессов, –

это большая самостоятельная проблема, не исследованная для этой территории, однако постоянно учитываемая на практике путем соблюдения технологии заложения реперов [19].

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Оценка кинематики блоков земной коры разных рангов при проведении геодинамических исследований территорий должна быть дифференцированной.

2. Смещения реперов, принадлежащих блокам земной коры разных рангов, закономерны и находятся в обратной зависимости от ранга.

3. Выбор стабильного репера определяет достоверность геодинамических исследований, которая может понижаться до 40 % и зависит от рангов исследуемых блоков земной коры.

4. Разработана теория высот для проведения геодинамических исследований с учетом иерархии напряженно-деформированного состояния земной коры Кузбасса, обеспечивающая не только расширение геодезической информации о вертикальных движениях, но и получение новых аспектов ее применения при создании геодинамических полигонов и интерпретации повторных наблюдений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савиных В. П., Ямбаев Х. К. Геодезия – древнейшая фундаментальная и прикладная наука об исследовании Земли и ее физических полей // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 6. – С. 16–22.

2. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Новый этап развития геодезии – переход к изучению деформаций блоков земной коры в районах освоения месторождений // Вестник ССГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 3–9.

3. Еремеев В. Ф., Юркина М. И. Теория высот в гравитационном поле. – М. : Недра, 1972. – 144 с.

4. Юркина М. И. Исследование по совместному определению изменений земного гравитационного поля и вертикальных движений земной коры по повторным гравиметрическим и нивелирным наблюдениям // Повторные гравиметрические наблюдения. – М. : Изд-во МГК, 1987. – С. 4–20.

5. Вовк И. Г. Математическое моделирование переменного гравитационного поля Земли в геодезии // Автореф. дисс. ... доктора техн. наук. – Новосибирск, 1997. – 31 с.

6. Серебрякова Л. И. О методическом руководстве по геодинамическим исследованиям в системе Росреестра // Геодезия и картография. – 2013. – № 10. – С. 45–50.

7. Колмогоров В. Г. К вопросу возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.

8. Колмогоров В. Г., Асташенков Г. Г. О возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 16–18.

9. Кузьмин Ю. О. Геодинамический мониторинг объектов недропользования // ГЕО-Сибирь-2006 : Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск : СГГА. Т. 3, Ч. 1. – С. 33–43.

10. Попадбьев В. В., Кулиев Д. А. Применение глобальных моделей гравитационного поля для обработки высокоточного нивелирования // Геодезия и картография. – 2017. – № 8. – С. 2–9.

11. Кутушев Ш. Б. Исследование методов геометрического и спутникового нивелирования на Туймазинском геодинамическом полигоне // Геодезия и картография. – 2016. – № 8. – С. 10–13.
12. Кравчук И. М. Разработка методов вычисления нормальных высот по результатам спутниковых измерений в инженерно-геодезических работах. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М. : МИИГАиК, 2010. – 116 с.
13. Мазуров Б. Т. Анализ геодезических измерений с учетом динамики объектов мониторинга // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 18–22.
14. Опарин В. Н., Потапов В. П., Танайно А. С. К проблеме информационного обеспечения мониторинга геодинамических процессов в условиях интенсивного недропользования в Кузнецком бассейне // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2006. – № 5. – С. 40–66.
15. Колмогоров В. Г., Дударев В. И. Состояние проблемы комплексного изучения современной геодинамики Сибири в конце двадцатого столетия // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 3–12.
16. Тимофеев В. Ю., Ардюков Д. Г., Тимофеев А. В. Периодические вертикальные смещения по геодезическим данным и упругие параметр земной коры // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 20–26.
17. Геодезическое обеспечение геодинамического мониторинга объектов недропользования / А. А. Панжин, А. Д. Сашурин, Н. А. Панжина, Б. Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 26–39.
18. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Вестник ССГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 3–11.
19. Основные положения о геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)–01–006–03. – М. : ЦНИИГАиК, 2004. – 6 с.
20. Батугина И. М., Батугин А. С., Петухов И. М. Горное дело и окружающая среда. Геодинамика недр. – М. : Горная книга, 2012. – 121 с.
21. Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Особенности технологии изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Интерэкспо-ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерское дело» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 3. – С. 58–61.
22. Соловицкий А. Н. Геодезический мониторинг напряженно-деформированного состояния земной коры в районах освоения угольных месторождений: геодезические построения // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 81–89.
23. Solovitskiy A. Dynamic models of deformation of crustal blocks in the area of development of coal deposits – the basis of the information security of their development [Электронный ресурс] // 8th Russian-Chinese Symposium. Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety (September, 2016). – Режим доступа : <http://www.atlantis-press.com/php/pub.php?publication=coal-16>.
24. Perhin V., Solovitskiy A. Nev Opportunities to Expand Information on Intens – Strained State of the Eart’s Crust in the Areas of Development Mineral Resources During Monitoring Greation [Электронный ресурс] // The Second International Innovative Mining Symposium (November, 2017). – Режим доступа : <http://doi.org/10.1051/e3sconf/20172101009>
25. Соловицкий А. Н. Техногенные изменения силы тяжести на угольных месторождениях // Геодезия и картография. – 1988. – № 8. – С. 11–12.
26. Соловицкий А. Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочно-го массива горных пород / под ред. П. В. Егорова. – Кемерово : ГУ КузГТУ, 2003. – 260 с.

Получено 29.01.2018

© А. Н. Соловицкий, 2018



## THEORY OF HEIGHTS IN THE STUDY OF THE GEODYNAMICS OF THE EARTH'S CRUST

*Aleksandr N. Solovitskiy*

Kemerovo State University, 6, Krasnaya St., Kemerovo, 650000, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Geology and Geography, phone: (384)258-01-66, e-mail: san.mdig@mail.ru

The study of height points differences of the earth's crust and its surface is one of the main tasks of geodesy. Within the framework of the technological solution of this problem, the hierarchy of movements of the blocks of the earth's crust is not taken into account. This approach does not ensure the reliability and representativeness of information, which increases the level of manifestations of geodynamic phenomena. The author developed the theory of heights for geodynamic studies, taking into account the hierarchy of stress-strain state of the crust of Kuzbass. The main difference of the proposed theory is the separation of frame offsets depending on the hierarchy of the earth's crust structure. This approach ensures not only the expansion of geodetic information on vertical movements, but also receives new types of its application in geodynamic polygons construction and geodynamic studies interpretations.

**Key words:** the theory of heights, elevation, height difference in time, earth's crust block, rank, stress-strain state, deformation components.

### REFERENCES

1. Savinykh, V. P., & Yambaev, H. K. (2014). Geodesy – the oldest fundamental and applied science on the study of the Earth and its physical fields. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 6, 16–22 [in Russian].
2. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., & Solovitskiy, A. N. (2013). A new stage of development of geodesy – the transition to the study of the deformation of crustal blocks in the areas of development of deposits. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(23), 3–9 [in Russian].
3. Eremeev, V. F., & Yurkina, M. I. (1972). *Teoriya vysot v gravitatsionnom pole [Theory of heights in a gravitational field]*. Moscow: Nedra Publ. [in Russian].
4. Yurkina, M. I. (1987). Study on the joint determination of changes in the terrestrial gravitational field and vertical movements of the earth's crust on repeated gravimetric and level observations. In *Povtornye gravimetricheskie nablyudeniya [Repeated gravimetric observations]* (pp. 4–20). Moscow: MGK Publ. [in Russian].
5. Vovk, I. G. (1997). Mathematical modeling of the Earth's alternating gravitational field in geodesy. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
6. Serebryakova, L. I. (2013). The methodological guide for the geodynamic research in the system of Federal registration service. *Geodeziya i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 10, 45–50 [in Russian].
7. Kolmogorov, V. G. (2012). On the question of the possibility of studying the deformation of the Earth's surface as a result of repeated precision leveling. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 1(17), 9–14 [in Russian].
8. Kolmogorov, V. G., & Astashenkov, G. G. (2012). On the possibility of studying the deformation of the Earth's surface as a result of repeated precision leveling. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 2/1, 16–18 [in Russian].
9. Kuzmin, Yu. O. (2006). Geodynamic monitoring of subsoil use objects. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2006: T. 3, ch. 1 [Proceedings of GEO-Siberia-2006: Vol. 3, Part 1]* (pp. 33–43). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].

10. Popadyev, V. V., & Gulyyev, D. A. (2017). Application of global geopotential models to high-precision leveling processing. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 8, 2–9 [in Russian].
11. Kutushev, S. B. (2016). The study of methods of geometric and satellite leveling in Tuymazinskiy geodynamic polygon. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 8, 10–13 [in Russian].
12. Kravchuk, I. M. (2010). Development of methods for calculating normal heights from the results of satellite measurements in engineering and geodetic works. *Candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
13. Mazurov, B. T. (2012). Analysis of geodetic measurements, taking into account the dynamics of monitoring objects. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 2/1, 18–22 [in Russian].
14. Oparin, V. N., Potapov, V. P., & Tanayno, A. S. (2006). To the problem of information support for monitoring geodynamic processes in conditions of intensive subsoil use in the Kuznetsk basin. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh [Physical and Technical Problems of Development Mineral]*, 5, 40–66 [in Russian].
15. Kolmogorov, V. G., & Dudarev, V. I. (2014). The problem of the complex study of modern geodynamics of Siberia at the end of the twentieth century. *Vestnik SGGGA [Vestnik SSGA]*, 4(28), 3–12 [in Russian].
16. Timofeev, V. Yu. Ardyukov, D. G., & Timofeev, A. V. (2015). Periodic vertical displacements by geodetic data and the elastic parameter of the earth's crust. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 5/C, 20–26 [in Russian].
17. Panzhin, A. A., Sashurin, A. D., Panzhina, N. A., & Mazurov, B. T. (2016). Geodetic support of geodynamic monitoring of subsoil use objects. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 26–39 [in Russian].
18. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., & Solovitskiy, A. N. (2013). The technology of studying the changes of the deformations of the earth crust blocks in time during the development of deposits of Kuzbass. *Vestnik SGGGA [Vestnik SSGA]*, 4(24), 3–11 [in Russian].
19. *Osnovnye polozheniya o geodezicheskoy seti Rossiyskoy Federatsii [Basic provisions on the geodetic network of the Russian Federation]*. (2004). SCINP (SSTA)-01-006-03. Moscow: TsNII GAIK Publ. [in Russian].
20. Batugina, I. M., Batugin, A. S., & Petukhov, I. M. (2012). *Gornoe delo i okruzhayushchaya sreda. Geodinamika nedr [Mining and the environment. Geodynamics of mineral resources]*. Moscow: Gornaya kniga Publ. [in Russian].
21. Kalenitskiy, A. I., & Solovitskiy, A. N. (2012). The peculiarities of technology of studying changes of the deformations of the earth crust blocks in time during the development of deposits of Kuzbass. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii: T. 3. Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderskoe delo [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Surveying]* (pp. 58–61). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
22. Solovitskiy, A. N. (2017). Geodesic monitoring of the stress-strain state of the earth's crust in the areas of development of coal deposits: geodetic structures. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(1), 81–89 [in Russian].
23. Solovitskiy, A. (2016). Dynamic models of deformation of crustal blocks in the area of development of coal deposits - the basis of the information security of their development. *8th Russian-Chinese Symposium. Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety*. Retrieved from <http://www.atlantis-press.com/php/pub.php?publication=coal-16>.
24. Pershin, V., & Solovitskiy A. (2017). New Opportunities to Expand Information on Intens – Strained State of the Earth's Crust in the Areas of Development Mineral Resources During



Monitoring Greation. *The Second International Innovative Mining Symposium*. Retrieved from <http://doi.org/10.1051/e3sconf/20172101009>.

25. Solovitskiy, A. N. (1988). Technogenic changes in the force of gravity in coal deposits. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 8, 11–12 [in Russian].

26. Solowitskiy, A. N. (2003). *Integral'nyy metod kontrolya napryazhennogo sostoyaniya blochnogo massiva gornyx porod [Integral method of monitoring the state of stress of a block of rock mass]*. P. V. Egorov (Ed.). Kemerovo: KuzSTU Publ. [in Russian].

Received 29.01.2018

© A. N. Solowitskiy, 2018